

Frej Wikström

**ABB:N PROSESSINOHJAUSJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO
BOLIDEN KOKKOLAN ELEKTROLYYSIOSASTOLLA**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tieto ja viestintätekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2018**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Maaliskuu 2018	Tekijä/tekijät Frej Wikström
Koulutusohjelma Tietoliikenne ja viestintätekniikka		
Työn nimi ABB800xA PROSESSINOHJAUSJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO BOLIDEN KOKKOLAN ELEKTROLYYSI OSASTOLLA		
Työn ohjaaja Hannu Ala-Pönttiö		Sivumäärä 26+2
Työelämäohjaaja Jani Joki-Hollanti		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli toimia oppaana ja kuvailla sitä, millaisia eri työvaiheita sisältyy uuden prosessinohjausjärjestelmän käyttöönottoon Boliden Kokkolan elektrolyysiosastolla. Tarkoituksena oli, että opinnäytetyössä tehtyjä havaintoja ja huomioita voitaisiin hyödyntää myös muilla tuotanto-osastoilla, kun siellä ryhdytään vastaavanlaiseen prosessinohjausjärjestelmän vaihtoprojektiin.</p> <p>Teoriaosuudessa käytiin läpi: ABB800xA-prosessinohjausjärjestelmää, sen eri toimintoja sekä laitteistoa. Elektrolyysin automaatioverkon rakenne, siihen liittyvä laitteisto sekä prosessinohjausjärjestelmän käyttöönoton päävaiheet kuvataan.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kattava kuvaus siitä, mitä eri vaiheita tällainen järjestelmän vaihto pitää sisällään. Opinnäytetyössä toteutettiin myös kysely viereiselle tuotanto-osastolle, puhdistamolle, jossa ABB:n järjestelmä on ollut käytössä jo kaksi vuotta. Kyselyn perusteella saatiin arvokasta tietoa siitä, millä tavalla operaattorit olivat kokeneet järjestelmän vaihdon, mitä puutteita käyttöönotossa oli, sekä heidän mielipiteensä järjestelmästä ja sen käytöstä nyt.</p>		
Asiasanat 800xA, ABB, Automaatio, Järjestelmän vaihto		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date March 2018	Author Frej Wikström
Degree programme Information technology and communication		
Name of thesis ABB800xA PROCESS CONTROLLING SYSTEM CHANGEOVER AT BOLIDEN KOKKOLA ELECTROLYSIS		
Instructor Hannu Ala-Pöntiö		Pages 26+2
Supervisor Jani Joki-Hollanti		
<p>The aim of this thesis was to be an instructional guide, and to describe the different phases involved in changing over to a new process controlling system at Boliden Kokkola electrolysis. The goal was that the observations made in this thesis would support other departments of the organization in the future when undergoing similar changes with their process control systems.</p> <p>In the theory part the ABB800xA process controlling system and its various functions and hardware were explained. Additionally, the structure of the electrolysis automation network, its hardware and the main phases of executing the process controlling system are also described.</p> <p>As a result of this thesis, a comprehensive description of the different phases involved in a process control system changeover were obtained. An inquiry to the operators at the purification department was also carried out, as the ABB operating system has been in use for two years already. Valuable information of how the operator's experienced the changeover process, what shortcomings were in the introduction period and how the system is now perceived after two years of using it was gained from the inquiry.</p>		
Key words 800xA, ABB, Automation, Process controlling system changeover		

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 SINKIN TUOTANNON TEORIAA	2
2.1 Pasutus	3
2.2 Rikkihapon tuotanto	3
2.3 Liuotus ja liuospuhdistus	4
2.4 Elektrolyysi	4
2.5 Sulatus, seostus ja valu	5
3 AUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN TEORIAA	6
3.1 Hajautettu ohjausjärjestelmä, DSC	6
3.2 ABB ja 800Xa- järjestelmä	6
4 BOLIDEN KOKKOLA	8
4.1 Historiaa	8
4.2 Kokkolan tehdas	9
4.3 Boliden konserni	10
4.4 Elektrolyysi-osasto	11
4.4.1 Prosessinkuvaus	12
4.4.2 Operaattoreiden työnkuvaus	13
5 ELEKTROLYYSIN AUTOMAATORAKENNE	14
5.1 Prosessiasema	14
5.2 Palvelimet	15
5.3 Verkot	15
6 PARANNUKSET PROSESSIN SEURANTAAN, HALLINTAAN JA OHJAUKSEEN	18
6.1 Trendit	18
6.2 Hälytykset	19
6.3 Lukitukset	19
7 800Xa JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTON VAIHEET	20
7.1 Pre-engineering/todentaminen	20
7.2 Ohjelmointi	20
7.3 FAT-testaus	21
7.4 Käyttöönotto	22
8 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	26

LIITTEET

Liite 1. Kysely 800Xa- järjestelmästä puhdistamon operaattoreille.

Liite 2. Kyselykaavake

KUVIOT

KUVIO 1. Sinkin tuotantoprosessi	2
KUVIO 2. Pasutus	3
KUVIO 3. Rikkihapon valmistus	3
KUVIO 4. Liuotus ja liuospuhdistus	4
KUVIO 5. Elektrolyysi	4
KUVIO 6. Sulatus, seostus ja valu	5
KUVIO 7. Boliden konsernin toimipaikat	11
KUVIO 8. Elektrolyysin automaatiokaavio	17
KUVIO 9. Esimerkki aspect-object-arkkitehtuurista	21

KUVAT

KUVA 1. Ilmakuva teollisuuslaitoksista	9
KUVA 2. Prosessiasema ja väyläkortti	14

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selventää sitä, millaisia eri työvaiheita sisältyy prosessinohjausjärjestelmän vaihtoon. Ajatuksena on, että tehtyjä havaintoja ja huomioita voitaisiin hyödyntää muilla tuotanto-osastoilla, kun siellä ryhdytään vastaavanlaiseen prosessinohjausjärjestelmän vaihtoprojektiin.

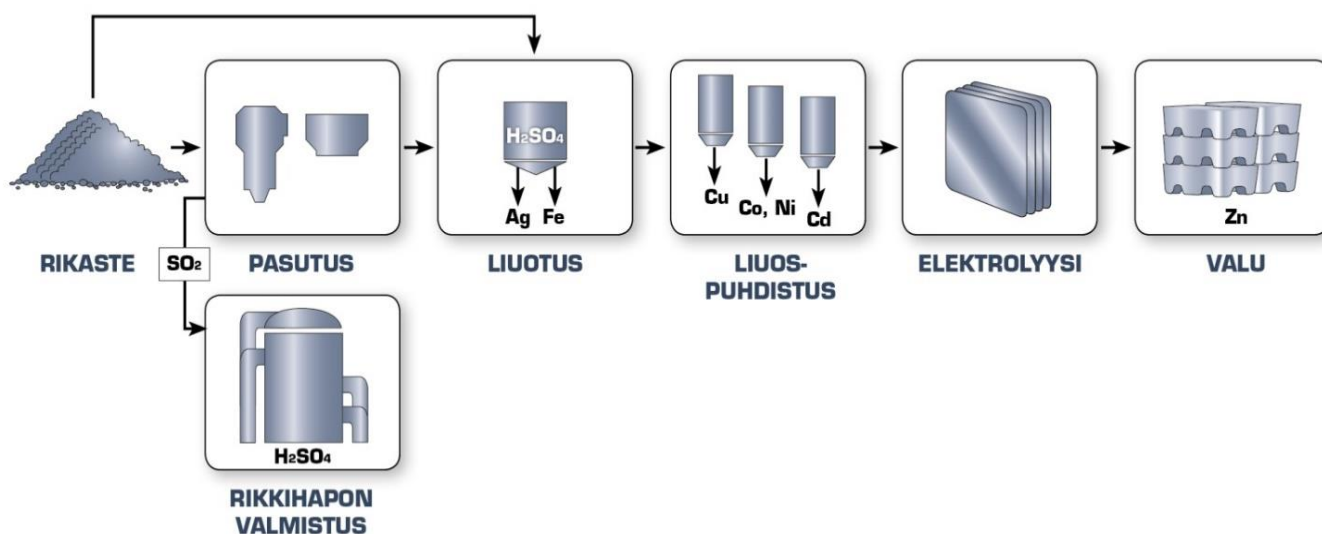
Elektrolyysiosastolla on käytössä vanhentunut Proscon prosessinohjausjärjestelmä, jota ei enää päivitetä. Järjestelmän automaatiolaitteet ovat jo ikääntyneitä eikä niihin saa enää varaosia. Koko tehtaalla otetaan osastoittain käyttöön ABB:n 800xA-järjestelmä, joka on jo käytössä tällä hetkellä puhdistamo-osastolla. Työssä käsitellään niitä eri vaiheita, joita tällainen prosessinohjausjärjestelmän vaihto pitää sisällään. Vaikka osastot ja prosessit poikkeavat toisistaan, projektit etenevät hyvin pitkälle samalla tavalla. Havaintoja, joita elektrolyysillä tehtiin, voidaan hyödyntää myös muilla osastoilla siinä vaiheessa, kun siellä ryhdytään ohjausjärjestelmän vaihtoon.

Työssä kartoitettiin myös, miten viereisellä osastolla aikaisemmin tehty järjestelmän vaihto onnistui. Tarkastelussa oli prosessioperaattorin näkökulma. Tein kyselylomakkeen, johon operaattorit vastasivat omia kokemuksiaan. Kykenivätkö he mielestään vaikuttamaan lopputulokseen? Annettiinko mahdollisuus kertoa omia näkemyksiä ja toiveita uutta järjestelmää kohtaan? Jos toiveita oli, huomioitiinko ne toteutuksessa? Oliko koulutus riittävä?

2 SINKIN TUOTANNON TEORIAA

Sinkki on mineraali, jota louhitaan kallioperästä. Sitä löytyy useanlaisina yhdisteinä, mutta sinkkivälke eli sfareliitti (Zn(Fe)S) on niistä yleisin. Louhittu malmi ei ole logistiikan tai kustannustehokkuuden vuoksi järkevää siirtää sellaisenaan. Tämän vuoksi malmi prosessoidaan kaivosten yhteydessä olevissa rikastamoissa. Prosessoinnin jälkeen rikasteessa on noin 50% sinkkiä. Sulatoissa rikasteesta jalostetaan metallista sinkkiä. Tuotantolaitoksesta riippuen rikaste prosessoidaan pasutteenksi, jolloin se liukenee helposti happoon tai vaihtoehtoisesti osa rikasteesta syötetään suoraan liuotusvaiheeseen. Tuotantoprosessi jakaantuu viiteen eri päävaiheeseen: pasutus, liuotus, liuospuhdistus, elektrolyysi sekä valu. (Boliden Kokkola 2010.) Sinkin tuotantoprosessi on kuvattu kuviossa 1.

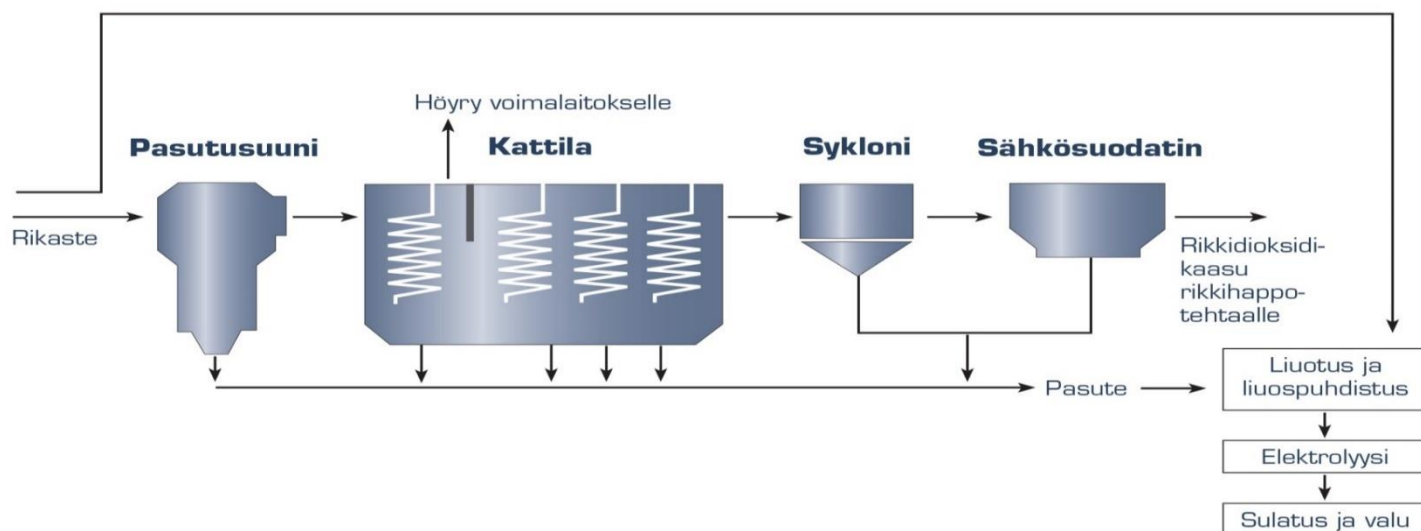
Sinkin tuotantoprosessi



KUVIO 1. Rikasteesta metalliksi sinkin tuotantoprosessit (Boliden Kokkola 2010.)

2.1 Pasutus

Ensimmäisessä vaihessa rikaste pasutetaan. Pasutusuunissa sinkkirikaste poltetaan 950 °C:ssa. Prosesissa muodostuu sinkkioksidia eli pasutetta. Pasutus on kuvattu kuviossa 2.



KUVIO 2. Rikasteesta metalliksi sinkin tuotantoprosessit (Boliden Kokkola 2010.)

Polttoprosessissa muodostunutta rikkidioksidipitoista kaasua johdetaan happotehtaalle rikkihapon raaka-aineeksi. Prosessin sivutuotteena muodostuu myös matalapaine höyryä, jota hyödynnetään sähkön ja kaukolämmön valmistuksessa. (Boliden Kokkola 2010.)

2.2 Rikkihapon tuotanto

Pasutusprosessista sivutuotteena saatava rikkidioksidikaasu hapetetaan konvertterissa, jossa muodostuu rikkitrioksidia. Tämä imeytetään veteen, jolloin saadaan rikkihappoa.

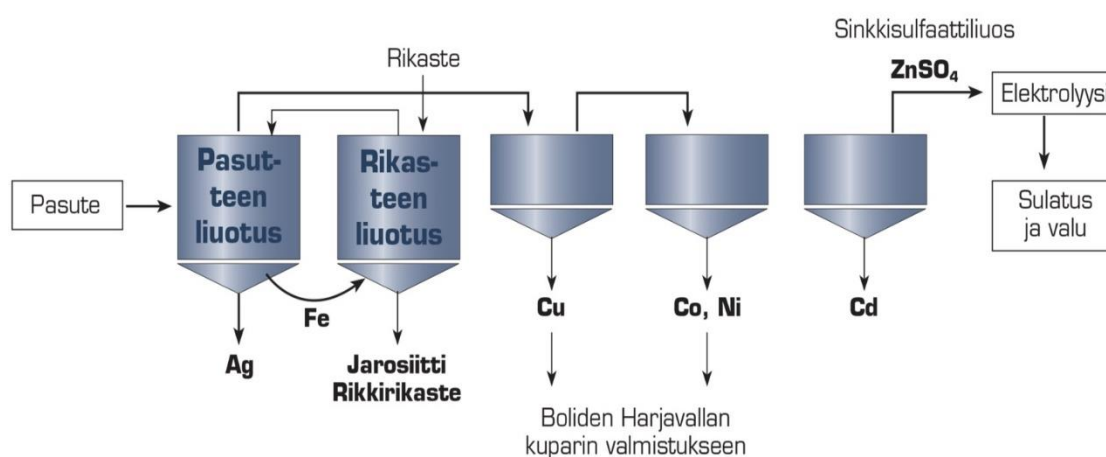


Rikasteesta metalliksi sinkin tuotantoprosessit KUVIO 3. (Boliden Kokkola 2010.)

Rikkihapon valmistus on kuvattu kuviossa 3. Prosessissa muodostunutta lämpöä voidaan hyödyntää esim. lämmöntuotannossa. (Boliden Kokkola 2010.)

2.3 Liuotus ja liuospuhdistus

Liuotusvaiheessa rikasteessa/pasutteessa oleva sinkki liuotetaan rikkihappopohjaiseen (H_2SO_4) liuokseen. Liuotus ja liuospuhdistus on kuvattu kuviossa 4. Tässä vaiheessa myös hopea sekä rauta sakka saostetaan ja suodatetaan liuoksesta.



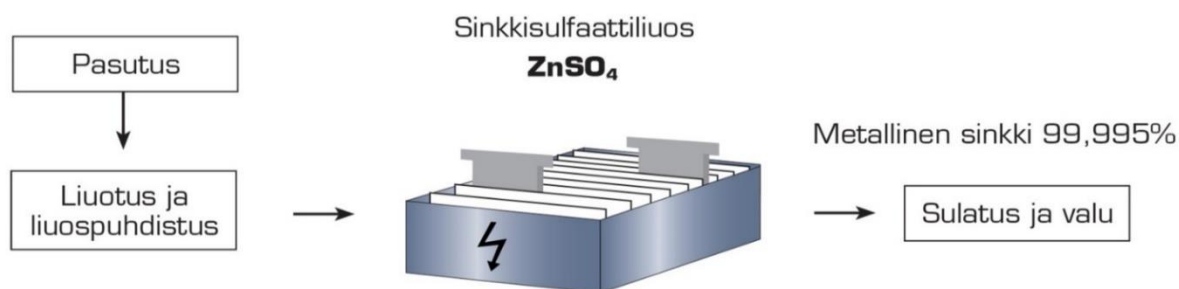
KUVIO 4. Rikasteesta metalliksi sinkin tuotantoprosessit (Boliden Kokkola 2010.)

Seuraava vaihe on liuospuhdistus, jossa liuenneet metallit poistetaan monivaiheisessa prosessissa. Liuotus ja puhdistusvaiheen tuotoksena syntyy sinkistä rikasta sinkkisulfaattiliuosta, jonka sinkkipitoisuus vaihtelee tyypillisesti 150-180g/l. Tämän monivaiheisen puhdistusprosessin jälkeen liuos on valmis pumpattavaksi elektrolyysille. (Boliden Kokkola 2010.)

2.4 Elektrolyysi

Elektrolyysi-osastolla sinkkisulfaattiliuos jäähdytetään 70 asteesta → 30 Celsius asteeseen, tällöin liuoksesta saostuu kalsium. Elektrolyysi on kuvattu kuviossa 5. Kipsin poiston jälkeen liuos pumpataan elektrolyyttialtisiin, jossa sähkövirran avulla elektrolyyttiliuoksessa oleva liukoinen sinkki saostetaan metalliseksi sinkiksi alumiinisen katodilevyn pinnalle.

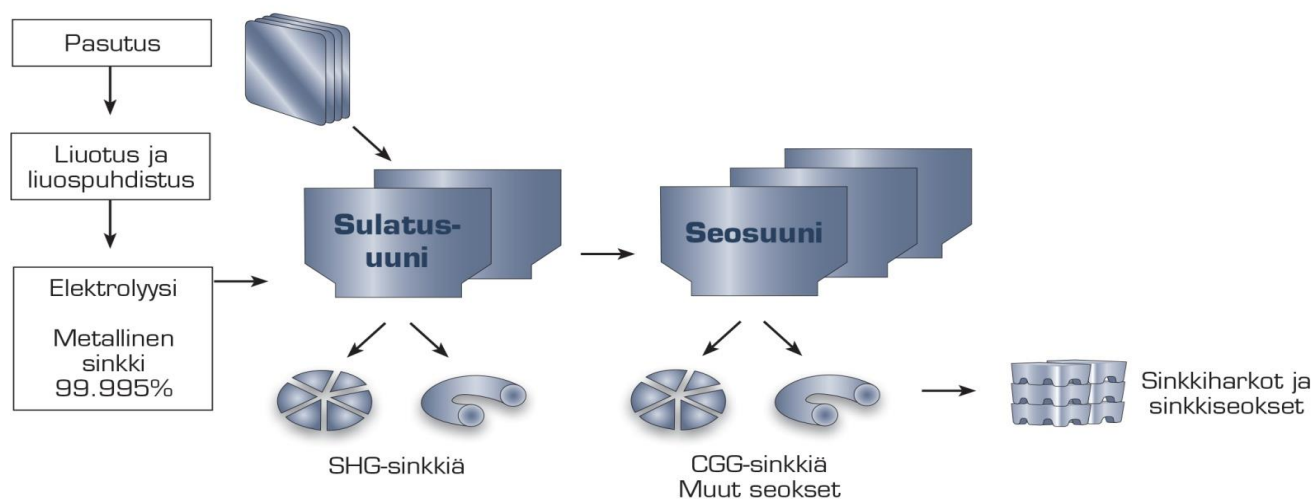
Sinkkilevyjen tavoiteltu kasvu-aika on 35 tuntia. Tämän jälkeen katodit, jossa sinkki on saostuneena, poistetaan liuoksesta ja tilalle vaihdetaan puhtaat katodilevyt. Sinkkilevyt irrotetaan katodilevystä irrotuskoneiden avulla. (Boliden Kokkola 2010.)



KUVIO 5. Rikasteesta metalliksi sinkin tuotantoprosessit (Boliden Kokkola 2010.)

2.5 Sulatus, seostus ja valu

Elektrolyysistä saatavat sinkkilevyt syötetään valimon sulatusuuneihin. Sulatettu sinkki vaeleetaan harkoiksi tai sinkkijumboiksi. Sulatus, seostus ja valu on kuvattu kuviossa 6.



KUVIO 6. Rikasteesta metalliksi sinkin tuotantoprosessit (Boliden Kokkola 2010.)

Puhtaan sinkkivalun lisäksi voidaan tuotteisiin seostaa alumiinia, vismuttia tai muita metalleja asiakkaiden toiveiden mukaisesti. (Boliden Kokkola 2010.)

3 AUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN TEORIAA

Tässä luvussa käsittelen automaatiojärjestelmien teoriaa erityisesti hajautetun ohjausjärjestelmän näkökulmasta. ABB-Yhtymän syntyä sekä heidän automaatiojärjestelmien kehityskaarta.

3.1 Hajautettu ohjausjärjestelmä, DCS

Kun puhutaan nykyaikaisesta prosessiautomaatiojärjestelmästä, silloin tarkoitetaan hajautettua ohjausjärjestelmää (DCS = Distributed Control System). DCS-järjestelmään kuuluu tyypillisesti prosessiasemia, valvomoasemia, järjestelmäväyliä, ohjelmointilaitteita ja tiedonhallinta/raportointiasemia. Hajautetussa järjestelmässä ajatuksena on viedä prosessiasemat lähemmäksi mittauksia ja toimilaitteita. Kehittyneet prosessiasemat hoitavat kaiken ohjauksen laskennan, eli mittaustiedon käsittelyn paikan päällä. Hajautetussa järjestelmässä I/O-yksiköt viedään lähelle prosessia, jolloin kaapelointi mittaus- ja toimilaitteilta I/O-yksiköille on mahdollisimman lyhyt. Näin varmistetaan häiriöttömät yhteydet sekä säästetään kaapelointikustannuksissa, varsinkin kun käytetään kenttäväylää tiedonsiirtoon. Kenttäväylässä usean mittauksen data kulkee samaa kaapelia pitkin molempiin suuntiin, jos verrataan analogiseen tiedonsiirtoon, jolloin tarvitaan joka mittaukselle oma kuparikaapelipari, jossa kulkee yhdensuuntainen analoginen 4-20mA virtaviesti. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07.)

3.2 ABB ja 800Xa- järjestelmä

Yksi automaatiosektorin suurimmista toimijoista on ABB-yhtymä, joka syntyi vuonna 1988, kun ruotsalaisen ASEA:n ja sveitsiläisen Brown Boverin sähkötekniset liiketoiminnot fuusioituivat. Yhtymän ydinsaaminen on sähköistystuotteissa, robotiikassa, liikenteenohjauksessa, teollisuusautomaatiossa sekä sähköverkkoteknologiassa. Automaatiojärjestelmien tulo prosessiteollisuuteen on suurimpia, jollei suurin mullistus prosessinhallintaan viimeisten vuosikymmenten aikana. ABB oli ensimmäisten joukossa, kun 1980-luvulla he toivat hajautetun prosessinohjausjärjestelmän markkinoille. (ABB-teknologiat: Teollisuuden automaatiojärjestelmät.)

Järjestelmien jatkuvan kehittämisen tuloksena vuonna 2004 ABB lanseerasi markkinoille 800Xa- järjestelmän, joka kykeni viemään hajautettujen automaatiojärjestelmien toiminnallisuuden aivan uudelle tasolle. Ensimmäistä kertaa tietojen käsittely ei enää jäänyt yhteen järjestelmään, joka oli sopimaton muiden järjestelmien kanssa, vaan 800xA-järjestelmän kautta erilaisia tiedostoja pystyttiin käyttämään, hallitsemaan ja ottamaan uudelleen käyttöön yhdellä hiiren klikkauksella. Yksi ohjelma kykeni yhdistämään yhden ympäristön ja yhteisen alustan tehtaan henkilöstölle, jotka toimivat eri tehtävissä suunnittelusta prosessien optimointiin ja resurssienhallintaan. Sen lisäksi, että järjestelmä kykeni integroimaan tehtaan tieto ja automaatiojärjestelmät, se kykeni yhdistämään eri toimipaikoilla ja eri maissa sijaitsevat tehtaot, jolloin saatiin aikaiseksi yksi ja sama integroitu kokonaisuus. (ABB-teknologiat: Teollisuuden automaatiojärjestelmät.)

4 BOLIDEN KOKKOLA

Tässä luvussa käsittelen Boliden Kokkolan syntyä ja sen kehittymistä nykypäivään. Lisäksi esittelen emoyhtiötä, Boliden konsernia sekä elektrolyysiosastoa.

4.1 Historiaa

Kun Outokumpu Oy löysi Vihannin sekä Pyhäsalmen kaivoksiltaan suuret määrät sinkkirikasta malmia tuli aiheelliseksi miettiä, miten tämän mineraali esiintymän voisi hyödyntää tehokkaimmin. Tästä syntyi idea laajentaa liiketoimintaa jatkojalostamalla sinkkirikas malmi metalliksi. Kartoitettaessa sopivaa sijoituspaikkaa sinkkitehtaalte Kokkola oli vahvoilla useastakin erisyistä. Outokummulla oli jo entuudestaan Ykspihlajan teollisuusalueella toimintaa. Yhtiö oli rakentanut Kokkolaan jo muutamaa vuotta aikaisemmin rikkitehtaan sekä voimalaitoksen. Lisäksi tyhjää tonttimaata oli alueella uuden tehtaan tarpeisiin. Logistisesti ajateltuna Ykspihlaja oli vahvoilla. Teollisuusalueella infrastruktuuri oli jo valmiina, hyvät maantieverkostot, raideliikenne ja meriyhteydet.



KUVA 1. Ilmakuva teollisuuslaitoksista, (Boliden Yleisesitys Suomi 2017.)

Etäisyydet kaivoksilta eivät olleet mahdottoman pitkät, joka mahdollisti raaka-aineen kustannustehokkaan toimituksen, valmiiden tuotteiden nopean, tehokkaan sekä kilpailukykyisen toimituksen kotimaahan ja ulkomaille. (Sinervo, J. Kokkolan Outokummun tehtaat 1960-1990. Kokkola Oy).

Kuvassa 1 on ilmakehän kuva Outokummun rakentamista teollisuuslaitoksista. Sinkki ja koboltti tehtaat sekä sähkövoimalaitos. Tehtaiden nykyiset omistajat ovat Boliden, Freeport Cobalt sekä Kokkolan voima. Kun sinkkitehdas valmistui 1969 niin tuotantokapasiteetti oli 70t tonnia/a, tällä hetkellä ylletään 315t tonnia/a. Jo tehdasta suunniteltaessa oli selvää, että tuotantoa tulisi nostamaan yli omien kaivosten tuotantokapasiteetin. Myös tästä syystä oli elintärkeää, että tehdas sijaitsee sataman ja hyvien meriyhteyksien välittömässä läheisyydessä. Vuosien mittaan tuotantokapasiteettiä on kasvatettu useaan otteeseen eri toimilla.

Tehtaaseen on investoitu rakentamalla lisää tuotantokapasiteettiä sekä kehittämällä kustannustehokkaampia menetelmiä. On laajennettu tuotantotiloja, rakennettu suurempia modernimpia ja tehokkaampia laitteita, sekä panostettu tutkimukseen ja kehitykseen. Kaikkien näiden toimien lisäksi merkittävän harppauksen tuotantokapasiteetin nostoon sekä työn tehokkuuden lisäämisen toi prosessiautomaation tulo teollisuuteen. (Sinervo, J. Kokkolan Outokummun tehtaat 1960-1990. Kokkola Oy.)

4.2 Kokkolan tehdas

Boliden Kokkola on 315 000 tonnin tuotantokapasiteetillaan maailman suurimpia, sekä Euroopan toiseksi suurin sinkkitehdas. Suurin osa tehtaasta käyttämästä raaka-aineesta, eli sinkkiriikasta toimitetaan Bolidenin omilta kaivoksilta Ruotsista, Irlannista ja Suomesta, mutta rikasteita ostetaan myös ulkomailta.

Rikasteita ostetaan mm. kaivosyrittäjiltä Euroopasta, Pohjois-Amerikasta ja Perusta. Boliden Kokkolan päätuotteena on puhdas sinkki ja siitä valmistetut sinkitystuotteet. Tuotteina ovat sinkkiharkot sekä sinkkijumbot. Tuotannosta noin 85 prosenttia menee vientiin, tärkeimmät markkina-alueet löytyvät Pohjois- ja Keski-Euroopasta. Logistiikka hoituu säännöllisillä laivakuljetuksilla Amsterdamiin ja Rostockiin sekä kumipyörillä Suomeen ja Ruotsiin. Kokkolan tehtaasta suurimmat asiakkaat ovat terästehtaita, jotka toimivat rakennus ja ajoneuvoteollisuudessa. (Boliden Kokkola Yhteiskuntavastuun raportti 2015.)

Suurimpia asiakasyrityksiä ovat:

- Grillo Handel (Saksa)
- SSAB (Ruotsi, Suomi)
- Voest Alpine (Itävalta)
- Thyssen Krupp Steel (Saksa)
- Cinkarna (Slovenia)

Tehdas on Keski-pohjanmaan suurin yksityinen työnantaja. Tehdas työllistää noin 550 henkilöä ja tuotetun sinkin arvo kohoaa yli 500 miljoonaan euroon. Keski-ikä työntekijöillä on 42 vuotta ja palvelusvuosia keskimäärin 13. Sukupuolijakauma työntekijöiden kesken: miehiä 80% ja naisia 20%. (Boliden Kokkola Yhteiskuntavastuun raportti, 2015.)

4.3 Boliden konserni

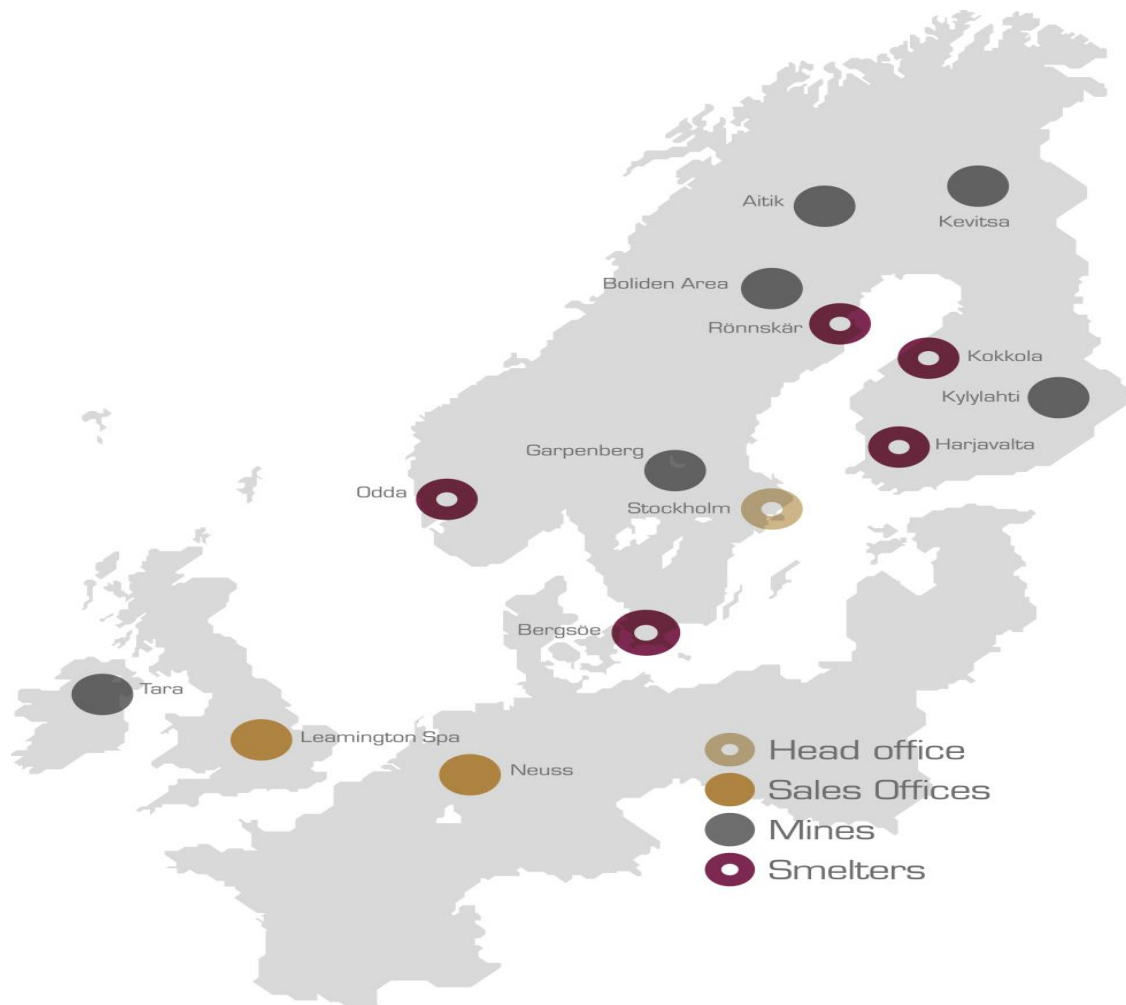
Kokkolan sinkkitehdas on osa kansainvälistä metallikonsernia, emoyhtiö on ruotsalainen Boliden AB. Konserni on pohjoismainen kaivos ja sulattoyhtiö, jonka toiminta alkoi Fågelmýranin kultalöydöstä vuonna 1924. (Boliden Kokkola Yhteiskuntavastuun raportti, 2015.)

Konserni toimii neljällä eri sektorilla:

- Malminetsintä
- Kaivostuotanto, (kuusi kaivosaluetta)
- Sulattotoiminta, (viisi sulattoa)
- Metallien uusiokäyttö

Päätuotteina ovat sinkki ja kupari. Yhtiö tuottaa myös kultaa, hopeaa lyijyä sekä nikkeliä. Bolidenilla on tuotantolaitoksia Suomessa, Ruotsissa, Norjassa ja Irlannissa. Henkilöstöä konsernilla oli vuonna 2015, 5500 henkilöä, joista suomessa 1500. Liikevaihto on miljardeja euroja ja yhtiö on listattuna Tukholman pörssissä. Kokkolan sinkkitehtaan lisäksi Boliden omistaa Suomessa Harjavallan kuparisulaton sekä Kylylahden kupari-, kulta- ja sinkkikaivoksen. (Boliden Kokkola Yhteiskuntavastuun raportti 2015.)

Alla olevasta kuviosta 7 näemme missä eri maissa ja millaisia tuotantolaitoksia Bolidenilla on.



KUVIO 7. Boliden konsernin toimipaikat (Boliden Yleisesitys suomi 2017.)

4.4 Elektrolyysi-osasto

Elektrolyysi on 350m pitkä halli, jossa sähkövirran avulla rikkihappopohjaisessa elektrolyyttiliuoksessa oleva liukoinen sinkki saostetaan metalliseksi sinkiksi alumiinisen katodilevyn pinnalle. Saostus reaktio tapahtuu elektrolyyttialtaissa, jotka täyttävät hallin päästä päähän. Lasi-kuituisia elektrolyyttialtaita on yhteensä 840 kappaletta, niissä kierrätetään elektrolyyttiliuosta, jota kutsutaan myös syöttöliuokseksi. Katodilevyjä yksittäisessä altaassa on 44 kappaletta ja kaikkiaan tuotannossa on 36960 levyä. Virtapiirin muodostumiseen (+/-) tarvitaan virtapari. Jokaista katodia kohden on lyijylevy, jota kutsutaan anodiksi. Yhteensä tuotantoon osallistuvia elektrodeja (anodi, katodi) on lähes 75000 kpl. (Quality first 2015.)

4.4.1 Prosessinkuvaus

Elektrolyysi ja Puhdistamo osastot ovat riippuvaisia toisistaan elektrolyyttiliuoksen välityksellä, voidaan puhua liuoksen välisestä napanuorasta. Puhdistamon tehtävänä on valmistaa puhdasta ja sinkistä rikasta sinkkisulfaattiliuosta elektrolyysin tarpeisiin. Puhdistamolla liuotetaan rikasteessa/pasutteessa oleva sinkki rikkihappopohjaiseen (H_2SO_4) liuokseen, jota kutsutaan paluuhapoksi. Liuotuksen jälkeen seuraava prosessivaihe on liuospuhdistus, jossa liuoksesta poistetaan muut liuenneet metallit sinkkiä lukuun ottamatta muun muassa kupari, koboltti ja nikkeli. Tämän jälkeen puhdistettu liuos on valmis pumpattavaksi elektrolyysille. Tätä sinkistä ”rikasta” sinkkisulfaattiliuosta (ZnSO_4) kutsutaan myös neutraaliliuokseksi. (Quality first 2015.)

Neutraaliliuoksen sinkkipitoisuus vaihtelee 150-180g/l. Liuosta pumpataan elektrolyysin allaskiertoon siten, että syöttöliuoksessa saavutetaan 61g/l sinkkipitoisuus. Elektrolyysi on jaettu kahteen liuospiiriin sekä neljään virtapiiriin. Liuospiirissä on kaksi erillistä liuoskiertoa, primääri liuoskierto, jossa liuos kiertää elektrolyyttialtaiden ja kuumasäiliöiden välillä sekä jäähdytystornien ja kylmäsäiliöiden välillä. Sekundääri liuoskierrossa sinkistä rikasta (~170g/l) neutraaliliuosta syötetään elektrolyysille, kun sinkistä köyhää (~50g/l) paluuhappoa pumpataan puhdistamolle. (Quality first 2015.)

Elektrolyysi menetelmällä saostettava sinkki kuluttaa valtavasti sähköä mutta mahdollistaa erittäin puhtaslaatuksen sinkin valmistuksen. Boliden Kokkolassa valmistettavan sinkin laatuluokitus on SGH (special high grade) sekä SSHG laatua (super special high grade). Näin korkean laatuluokituksen sinkkipitoisuus on vähintään 99.995%. Mm. laadukkaimmat paristovalmistajat tarvitsevat tuotteensa raaka-aineeksi puhtainta SSHG laatua. Puhdistamolta tulevaan liuokseen ei elektrolyysissä voida vaikuttaa kuin marginaalisesti. Kuitenkin tietyillä kemikaalisyötöillä elektrolyysissä voidaan vaikuttaa sinkin tasaiseen kasvuun sekä optimaaliseen tuotantoon ja hyvään virtahyötysuhteeseen. Stronttiumkarbonaatti (SrCO_3) saostaa anodeista liuenneen lyijyn liuoksesta. Vesilasilla (Na_2SiO_3) vaikutetaan sinkin sileään ja tasaiseen kasvuun katodien pinnalle. Tällä ehkäistään dendriittien syntyä ja levyjen välistä oikosulkua, joka suoranaisesti vaikuttaa virtahyötysuhteeseen ja lyijyn määrään sinkissä. Sb-tartraattia (kaliumantimoni (III) oksiditartraatti) syötetään liuokseen tarpeen mukaan. Liian vähäinen antimoniäärä liuoksessa saa aikaan sinkkilevyjen kiinnitarttumista katodeilla. (Quality first 2015.)

Kemecal vaahtoaainetta sekä Tutogen raskasvaahtoa syötetään ehkäisemään altaista nousevaa rikkihapposumua, joka heikentää halli-ilmaa. Runsaasti vaahtoavaa Tutogenia syötetään yleensä vain tilanteissa, joissa virtapiiri ajetaan nolliin (esimerkiksi huoltoseisakit, virtarajoitukset, allashuollot). Kemecalia syötetään normaaliajon aikana. Luuliimaa – Bone glue syötetään prosessiin, jos antimonitaso liuoksessa on koholla. Antimoni aiheuttaa takaisinliukenemistä. Luuliima blokkaa antimonian, jolloin se ei pääse haitallisesti vaikuttamaan sinkin saostusprosessiin.

Flokkulanttia syötetään neutraaliliuoksen sekaan, jotta saadaan aikaan kalsiumkiteiden flokkaantuminen. Tällöin kipsi saadaan laskeutettua kipsisakeuttimiin ja poistettua liuoksesta. Levänpoistoainetta (Enviroplus) sekä bakteerien poistoon tarkoitettua kemikaalia (Biosperse) käytetään tasasuuntaajien tyristorien jäähdytysvesikierrossa ehkäisemässä levän sekä koli-bakteerien syntyä. (Quality first 2015.)

4.4.2 Operaattoreiden työnkuvaus

Elektrolyysissä tuotannon työtehtävissä työskentelee rinnakkain kolme eri työntekijäryhmää. Prosessiryhmä, 15 henkilöä, allasrivin hoitajat noin 40 henkilöä sekä päivävuorossa työskentelee noin 20 henkilöä. Toimihenkilöitä osastolla työskentelee eri työtehtävissä muun muassa esimiehinä, työnjohtajina sekä prosessin ja turvallisuusasiantuntijoina.

ABB 800xA-prosessinohjausjärjestelmää käyttävät elektrolyysin valvomossa prosessioperaattorit. Vakansseja on kolme kappaletta, kemikaalihenkilö, pumppari sekä prosessinvalvoja. Jokaisella vakanssilla on omat vastualueet, kaikkia kolmea vakanssia tehdään yksi työkierto kerrallaan. Tällä on turvattu osaaminen sekä kyky toimia jokaisessa työtehtävässä työkierron syklillä. Jokaisen vakanssin toimenkuvaan kuuluu lukuisia eri työvaiheita. Ensisijainen työtehtävä kaikilla on huolehtia vakaasta prosessin ajosta ja tehdä huomioita ja tarvittaessa säätää prosessin ajoarvoja prosessinäytteiden sekä laboratorio analyysien mukaan. Työnkuvaan kuuluu valvontatyön lisäksi tarkkailla laitteiden toimintaa sekä suorittaa ennalta ehkäiseviä töitä. Esimerkiksi käyttäjähuoltotöitä, housekeepingiä, pienempiä häiriöiden korjausta sekä kunnonvalvontaa. Työtilauksia tehdään tarvittaessa eri ammattiryhmille esimerkiksi koneryhmälle (mekaaninen korjaus), instrumentti ryhmälle (prosessinohjaukseen liittyvät mittaukset, anturit, lähettimet, vastaanottimet), sähköryhmälle (prosessin/prosessilaitteiden esim. tasasuuntaajien virransyötön häiriöt). Työ on keskeytymätöntä 5-vuorotyötä ja työkierto menee rytmityksellä 6 päivää töitä ja 4 päivää vapaata.

5 ELEKTROLYYSIN AUTOMAATIORAKENNE

Automaatiojärjestelmillä on kyetty vaikuttamaan useaan eri asiaan, mutta seuraavat kolme asiaa erottuvat kirkkaasti tärkeimmiksi:

- tuotantolaitosten tehokkuuden parantaminen
- tuotteen laadun parantaminen
- työssä suoriutumista kyetty parantamaan, kun toistuvat ja ihmistä kuluttavat liikkeet sekä raskaat ja vaaralliset työt on voitu automatisoida.

Automaatiojärjestelmän avulla säädetään toimilaitteita ja ohjataan prosessia. Automaatiojärjestelmästä puhuttaessa kentällä olevat toimilaitteet (venttiilit, mittarit, anturit) eivät siihen kuulu. Rajapinta katkeaa I/O-korttiin tai väyläliityntäkorttiin, kentälaitteet ovat sen ulkopuolella. Järjestelmässä prosessiasemissa olevat ohjelmat ohjaavat prosessia väylä ja I/O-korttien välityksellä. Prosessiasemien yläpuolella ovat kytkimet ja palvelimet. Palvelimissa on ohjelmointi ja suunnittelutyökalut, raportointityökalut, hälytystoiminnot, historian keruu etc.

5.1 Prosessiasema

Prosessinohjausjärjestelmän uusiminen ei tarkoita pelkästään ohjelmiston uusimista. Järjestelmään sisältyy myös ABB:n tietotekniikkaa (laitteistoa), jossa ohjelma pyörii. Alla olevassa kuvassa 2 näemme AC800M- prosessiaseman sekä siihen liitetyt väyläkortit.



KUVA 2. Prosessiasema ja väyläkortit.

Prosessiasemassa suoritetaan kaikki laskenta. Sinne välitetään tilatiedot kentältä ja vastavuoroisesti sieltä lähtee ohjauskomennot toimilaitteille. Prosessiasemaan voi liittää useita erityyppisiä I/O- tai väyläkortteja, maksimissaan 12 kpl. Prosessiaseman voi myös kahdentaa toisella yksiköllä, jolloin turvataan toimintavarmuus. Näin on tehty myös elektrolyysillä.

5.2 Palvelimet

Automaatiojärjestelmä koostuu myöskin erilaisista palvelimista, joilla on omat tehtävänsä. Tietotekniikka on fyysisesti harpannut niin pitkälle kehityksessä, että yksi fyysinen palvelin suorittaa usean eri palvelimen toiminnot. Palvelintyyppejä ovat Connectivity Server, Aspect Server, Domain Server sekä Terminal Server.

- Connectivity Server toimii rajapintana Control Networkin ja Server/Client Networkin välisessä kommunikoinnissa. Sinne tallennetaan lyhytaikainen historia sekä siellä pyörii OPC-serveriohjelmisto, joka toimii rajapintana prosessiasemille ja prosessin grafiikka kuville.
- Aspect Serverillä on järjestelmän kaikki tiedot, jotka sisältävät aspektihakemistot, laitteiden määritelmät, piirustukset, käyttöliittymän grafiikat, prosessin trendit ja raportit
- Domain Server ylläpitää järjestelmän toimialuetta, johon kuuluu nimipalvelu (Domain Name System), käyttäjähallinta sekä käyttöoikeushallinta
- Terminal Server toimii rajapintana muiden verkkojen, kuten yrityksen toimistoverkon ja 800xA-järjestelmän verkkojen välillä. (System 800xA. System Guide, Functional Description.)

5.3 Verkot

Automaatiojärjestelmään kuuluvat myös verkot. Verkkotasoja on erilaisia ja niihin on kytketty eri laitteistoa. Kuviosta 8 voidaan nähdä, että elektrolyysin automaatiojärjestelmä koostuu kolmesta verkkokerroksesta, joihin on liitetty toimilaitteita, prosessiasemia, servereitä, konfigurointi sekä operointiasemia. Jos lähdetään kuvassa etenemään ylhäältä alaspäin, valvomossa sijaitsee kolme operointiasemaa, josta prosessia ohjataan. Takahuoneessa sijaitsee suunnittelu/konfigurointiasema. Nämä tietokoneet on yhdistetty kuvassa sinisellä merkittyyn S/N verkkoon, järjestelmän ylemmän tason Server/Client-verkkoa (SN) käytetään palvelimien ja työasemien väliseen kommunikointiin. Kuvasta huomataan, että tälle verkkotasolle voi liittyä myös tehtaan omasta toimistoverkosta, mutta ainoastaan palomuurin kautta. Tyypillisesti tätä kautta

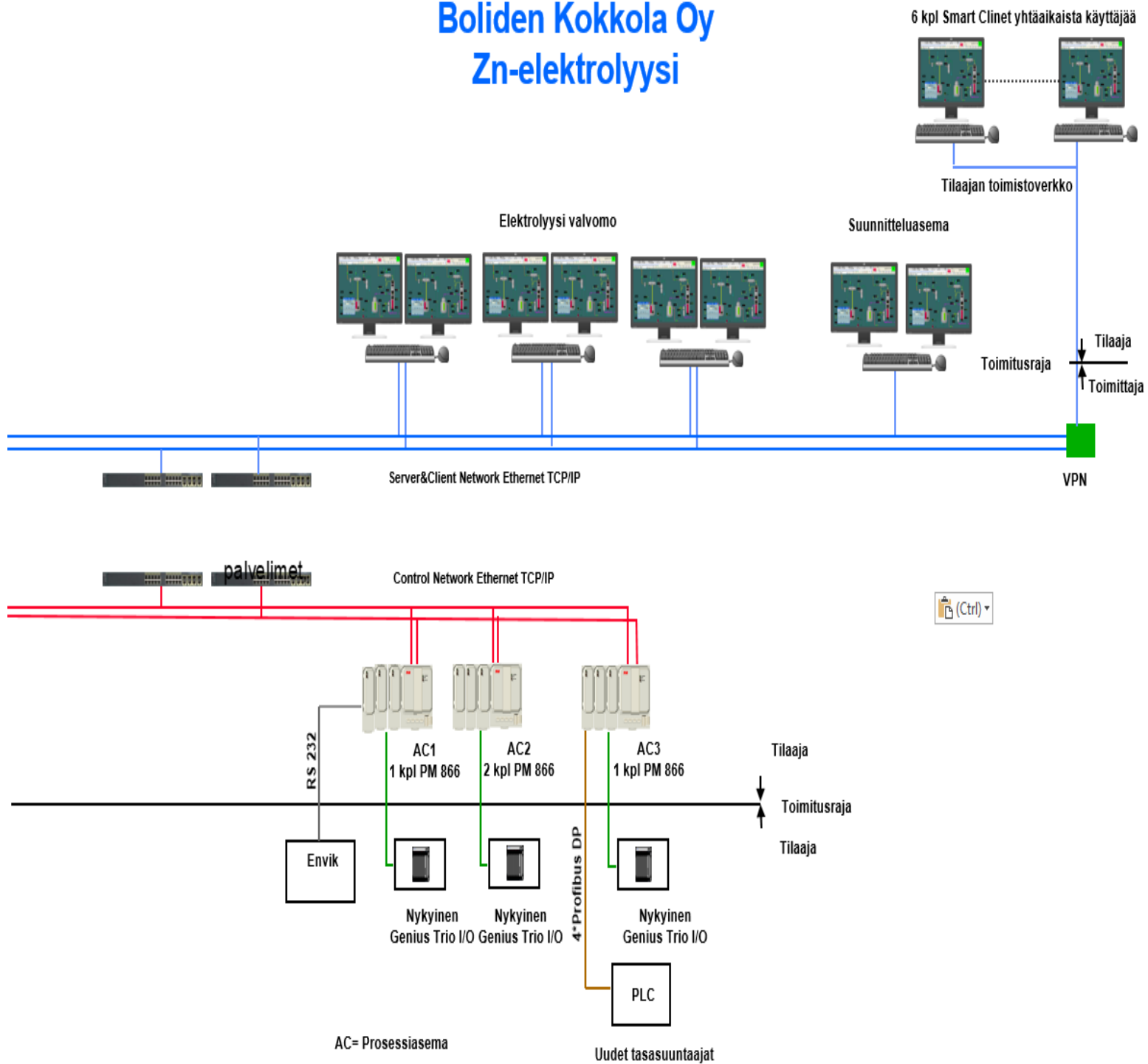
vuoromestarit, työnjohtajat tai muu prosessista vastaava henkilökunta voi seurata prosessin tilaa. Suljetuista verkoista internetliikennöinti on poissuljettu turvallisuushkien vuoksi.

Punaisella värillä on merkitty alemmalla tasolla oleva Control Network (CN), ohjausverkko, joka on tarkoitettu prosessiasemien ja Connectivity Serverin väliseen kommunikointiin. CN-verkon alta löytyy automaatioverkko, joka voi olla merkattu useammalla värillä riippuen käytettävästä väylätyypistä. Automaatioverkot muodostavat yhteyden prosessiasemien ja kentällä olevien toimilaitteiden välille.

800xA tukee yleisimpiä kenttäväylästandardeja, joten se toimii rajapintana kolmannen osapuolen toimijoille, kuten profibus, wireless hart sekä modbus Automaatioverkot sijaitsevat alimalla tasolla arkkitehtuurissa

Ohjaushäiriöiden välttämiseksi sekä tehtaan korkean käyttöasteen takaamiseksi kaikki verkon laitteet pitäisi kahdentaa ja rakentaa fyysisesti erillään olevat verkot samalla tavalla kuin elektrolyysillä toimittu. Elektrolyysi ja puhdistamo-osastot jakavat samat verkot, tieto kulkee osastojen välillä kahdennettua valokaapeliyhteyttä pitkin. On rakennettu kaksi eri kautta kulkevaa silmukkaa, jotta voidaan minimoida riski yhteyskatkoksiin. Esimerkiksi, jos kaivinkone kaivaessaan katkaisee valokaapelin, niin tiedon kulku on varmistettu toisen silmukan kautta. Tulipalon tuhotessa serverit, toisen osaston kautta kulkisivat prosessin tilatiedot kytkinten ja servereiden kautta S/N-verkkoon. Tiedot välittyvät valvomokoneisiin ja operaattorit kykenevät edelleen ohjaamaan prosessia.

Boliden Kokkola Oy Zn-elektrolyysi



Industrial^{IT} 800xA Automation System Redundant



KUVIO 8. elektrolyysin automaatioverkko (Boliden Kokkola tietokanta)

6 PARANNUKSET PROSESSIN SEURANTAAN, HALLINTAAN JA OHJAUKSEEN

Seuraavassa luvussa vertailen vanhaa Proscon järjestelmää nykyiseen ABB järjestelmään. Tarkastelussa on huomioitu erityisesti prosessioperaattorin näkökulma, varsinkin niitä toimintoja, jotka ovat käytännön prosessiajon, hallinnan sekä seurannan kannalta merkityksellisiä.

6.1 Trendit

Proscon järjestelmään verrattuna ABB:ssä on moni asia eri tavalla. Värimaailma, kuvakkeiden ja lukuarvojen näkymä erottuvat silmälle ensimmäisenä. Suurimpia muutoksia operaattorin näkökulmasta ovat trendit sekä mahdollisuus tarkastella eri ajoarvoja monipuolisemmin. ABB:ssä trendit jollekin prosessisuureelle voidaan skaalata huomattavasti tarkemmaksi.

Prosconin asetusarvoikkunassa oli mahdollisuus katsoa mittauksen historiatrendiä ainoastaan 20 minuuttia tai 8 tuntia. Tiedot täytyi hakea historiatietokannasta, jos halusit tarkastella mittausarvoja pidemmältä aikaväliltä. Kannasta saatiin trendihistoriaa mittaukselle kolmelle eri aikajaksolle: vuorokausi, 7 päivää ja 30 päivää. Näkyvältä aikajanelta pystyi skaalaamaan mitaustrendiä suuremmaksi maalaamalla kuviosta tietyn ajanjakson. ABB:llä nämä historiatiedot löytyvät ohjauksen valintaikkunasta, mistä ajoarvo asetetaan. Erikseen ei tarvitse siirtyä historiatietokantaan, kun haluaa tarkastella pidemmän aikavälin historiatietoja. ABB:n trendit ulottuvat jopa viiden vuoden päähän ja rajaukset hakuvalintoihin ovat huomattavasti monipuolisemmat. Voit tarkentaa haluamasi tarkasteluajankohdan päivämäärän ja kellonajan tarkkuudella. Trendistä ilmenee ajankohdan lisäksi myös mittauksen minimi, maksimi sekä keskiarvo. Yksi suuri ero Prosconiin verrattuna on myös se, että trendi-ikkunaan saa tarvittaessa näkyviin useita muita mittausarvoja. Prosconilla sait näkyville ainoastaan mitattavaan suureen trendin, johon vaikuttaa useampi asia. Useamman mittauksen tieto samassa trendi-ikkunassa auttaa operaattoria ymmärtämään muutokset prosessissa tehokkaammin. Mitattaessa neutraaliliuoksen pH:ta, huomataan sen nousevan yli asetusarvon, herää epäily riittämättömästä hapon määrästä. Tällöin lisätään pH-arvon trendi-ikkunaan hapon virtausmäärä sekä venttiilin asento. Seurauksena näemme, että pH-arvo nousee, koska haponvirtaus on laskenut, vaikka happoventtiili on täysin auki.

Koska pH:n säätöön menevä happo on otettu puhdistamolle menevästä sivuvirtauksesta, voimme epäillä, että puhdistamolla on vähentynyt tarve paluuhapolle, jonka seurauksena paluuhappopumppu on laskenut kierroksia virtausmäärän laskemiseksi. Pumpun kierrosten las-
 kiessa myös paine putkistossa laskee. Voimme päätellä paineen olevan riittämätön tuottamaan tarpeeksi virtausta pH:n säätöön. Seurauksena myös mittaus paluuhappopumpun linjapaineesta on lisättävä pH-mittauksen yhteyteen. Tällä tavoin voidaan rakentaa mittaus, joka yhden mitattavan suureen sijasta kertoo laajasti myös muita suureeseen vaikuttavia tekijöitä. Yhdellä vilkaisulla kyetään hahmottamaan kokonaiskuva ja saamme käsityksen prosessin syy- ja seuraussuhteista, jolloin voidaan reagoida nopeasti muutoksiin ja tehdä tarvittavat toimenpiteet prosessin stabilisoimiseksi.

6.2 Hälytykset

Proconiin verrattuna myös hälytyksissä on eroja. Proconissa oli mahdollista asettaa mittaukselle ylä- ja alahälytysrajat, kun taas ABB:ssä on mahdollista halutessaan asettaa mittaukselle kaksi ylä ja ala-rajahälytystä. Toiminto on hyvä, idea on olla ennakoivana hälytyksenä, jolloin operaattori ehtii reagoida ajoissa prosessipoikkeamaan ja tekemään tarvittavat korjaavat toimenpiteet. ABB:ssä hälytyksiin voi myös asettaa viivettä. Toisinaan mittauksissa ilmenee häiriöitä, jolloin mittaus käy toistuvasti, mutta vain hetkellisesti hälytysrajalla, puhutaan mittauksen "piikittämisestä". Asettamalla hälytykseen viivettä saadaan nämä kiusalliset virhe-hälytykset suodatettua pois, tämä auttaa operaattoria pysymään terävänä hälytysten suhteen. Toistuvat, aiheettomat vikahälytykset vievät pahimmissa tapauksessa huomion todellisilta hälytyksiltä.

6.3 Lukitukset

Lukituksia voidaan kätevästi käyttää suojaamaan prosessilaitteita. Lukituksilla voidaan esimerkiksi estää pumpun kuivakäynti. Lukitus ei salli pumpun käynnistystä, ellei imuventtiili ole auki tai pumpulle ei mene tiivistevettä (boksivettä). Lukituksia voidaan myös hyödyntää prosessin hallinnassa. Esimerkiksi kemikaalin lokerosyötin ei aloita annostelua, ellei säiliön sekoittaja pyöri. Tällä tavoin varmistetaan kemikaalin tehokas liukeneminen sekä ehkäistään kemikaalin laskeutuminen säiliön pohjalle kiinteäksi massaksi, jolloin on vaarana sekoittajan jumittuminen. Moottorin ohjausikkunaan on myös mahdollista saada tieto moottorin ampeereista. Sekoittajan ollessa kyseessä moottorin kuormituksesta voidaan päätellä, kuinka paljon kiinteätä ainesta on laskeutunut säiliön pohjalle ja milloin on tarve tehdä säiliönpuhdistus.

7 800Xa JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTON VAIHEET

Prosessinohjausjärjestelmän vaihto sisältää useita eri vaiheita, päävaiheet ovat:

- pre-engineering/todentaminen
- ohjelmointi,
- FAT-testaus, (factory automation testing)
- käyttöönotto.

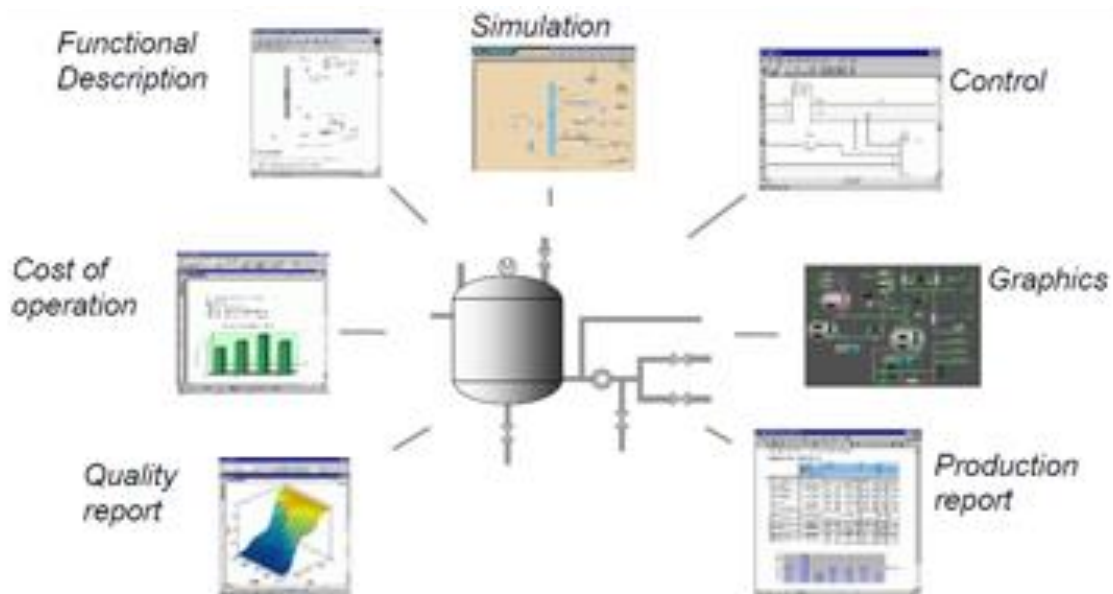
7.1 Pre-engineering/todentaminen

Uuden järjestelmärakenteen suunnittelun alkaessa selvitetään ensiksi vanhan järjestelmän toiminta. Kartoitetaan elektrolyysin automaatiojärjestelmä ja tehdään I/O selvitys. Kaikki prosessin ajamiseen ja säätämiseen liittyvät säätöpiirit ja ohjaukset käydään läpi sekä kartoitetaan ovatko ne ajan tasalla. Operaattorit ovat aktiivisesti mukana, kun tarkastellaan tämänhetkistä prosessinajoa. Operaattoreiden mukana olo varhaisessa vaiheessa projektia edesauttaa saamaan käyttäjiltä ajankohtaista tietoa. Muun muassa, jos tietyt säätöpiirit ovat heidän mielestään huonosti toteutettu tai ne voidaan tehdä toisin ABB:n järjestelmään vastaamaan paremmin tarvetta. Prosessiin on ajan kuluessa tehty muutoksia, joten tässä vaiheessa poistetaan olemattomat säätöpiirit, jotka eivät enää ole käytössä. Muutamia tällaisia vanhoja tai muutettuja ajokuvia löytyi, kuten esimerkiksi kipsialitteiden pumppaus KSPS säiliöstä puhdistamolalle. Kentällä tehtyjä muutoksia päivitetään ajokuvaan vastaamaan todellisuutta, kuten katodienliuotus, jossa liuotettu sinkki virtaa kuumasäiliö 1: sen sijasta (ZnLS) sinkinliuotussäiliöön.

7.2 Ohjelmointi

Uuden järjestelmän teko voidaan aloittaa siinä vaiheessa, kun tehdään automaatiojärjestelmä on todennettu. Ohjelmoinnin rakenne perustuu strukturoituun ohjelmointiperiaatteeseen, ohjelmointirakenne on puumainen. Ohjelmoitaessa luodaan eri tieto- ja datatyyppejä, määritellään muuttujia, luodaan lausekkeita sekä piirretään arkkitehtuuria. Kyseinen työvaihe tehdään ABB:llä ja kestää elektrolyysin tapauksessa noin 4kk. Ohjelmointi toteutetaan Control M Builder ohjelmalla. Control Builder on ABB:n ohjelmointityökalu, jolla luodaan ohjaussovellukset, kun käytetään AC 800M-laitteistoa. Ohjelmisto tukee tyypillisiä sovelluksia, kuten logiikkaohjauksen, laitehallinnan, silmukan ohjauksen, hälytyksen käsittelyn sekä paljon muuta pakattuna standardoituihin kirjastoihin.

Graphics Builder taas on 800xA-järjestelmän grafiikkatyökalu, jolla voidaan konfiguroida graafisia aspekteja, esimerkiksi näyttöjä, elementtejä ja ohjauslevyjä. Graphics builderillä luodaan Aspect Object- arkkitehtuuri, jonka ansiosta järjestelmä on yhtenäinen ja sama informaatio on saatavissa kaikkialla. Jokaisella kentällä olevalle fyysiselle toimilaitteelle eli objektille luodaan omat aspektit. Näitä ovat esimerkiksi venttiili, taajuusmuuttaja ja pinnanmittaus. Kuviosta 9 voimme nähdä miten arkkitehtuurissa eri toiminnot nivoutuvat yhteen.



KUVIO 9. Esimerkki aspect object arkkitehtuurista. (System 800xA. System Guide, Functional Description)

Aspekteja voivat olla trendi-ikkuna, hälytyslista, tapahtumalista, kuvaikoni, Excel-taulukko, suunnitteludokumentti tai vaikkapa kameran kuva (System 800xA. System Guide, Functional Description).

Samaan aikaan, kun ohjelmaa tehtiin ABB:llä, niin elektrolyysin ristikytkentätilaan asennettiin prosessiasemakaapit sekä serverihuoneeseen asennettiin kytkimet, RJ-kaapeloinnit ja uudet palvelimet.

7.3 FAT-testaus

FAT-testausvaiheeseen (Factory Area Testing) siirrytään, kun ohjelman raakaversio on saatu valmiiksi. Tämän jälkeen tulee aika testata sitä tehdasympäristössä operaattoreiden, automaatiohenkilökunnan ja ohjelmantekijöiden kanssa. Testaus toteutettiin siten, että ruokalan kabinettiin pystytettiin vanhan ja uuden järjestelmän ajopäätteitä. Näin voitiin vertailla toimintoja

ja ajokuvia rinnakkain. Koetilanteessa prosessiasemaa ei ole liitetty fyysiseen I/O:n vaan ohjelmat pyörivät simuloitussa tilassa. Koestustilanteet olivat hyviä, koska siinä huomattiin virheitä ohjelmoiduissa logiikoissa.

Esimerkiksi kipsin sakanpoistoventtiilit olivat jatkuvasti auki-tilassa, vaikka ne kuuluisivat olla kiinni ja aueta ainoastaan määritellyn ajan operaattorin asettaman viiveajan välein.

Ohjelman testaukseen ja uuden järjestelmän opetteluun oli varattu aikaa viisi päivää. Ajatuksena oli, että operaattorit olisivat siirtyneet näiden viiden päivän ajaksi päivävuoroon ja koulutus olisi viety järjestelmällisesti ja tehokkaasti läpi maanantaista-perjantaihin, jolloin oppiminen olisi asteittain syvenevää ja oppiminen tehokasta. Valitettavasti näin ei ollut. Aikataulutus koulutuksien läpiviemiseksi oli tehty aivan liian tiukaksi. Kolme viikkoa oli annettu aikaa käydä läpi koulutukset kaikille viidelle vuorolle. Koulutuksiin osallistuttiin mahdollisuuksien mukaan vapaalla sekä työkierron aikana. Resursseja ei valitettavasti ollut varattu riittävästi turvaamaan täyttä miehitystä. Nyt pääsi käymään niin, että jos joku työntekijöistä oli koulutuksessa työkierron aikana, valvomossa prosessia ajettiin vajaalla miehityksellä. Ihmiset eivät jaksaneet tehdä tupla työvuoroja, jolloin väistämättä ajauduttiin tilanteeseen, jossa työvuorot vedettiin läpi vajaalla miehityksellä. Tästä aiheutui stressiä ja ylimääräistä työkuormaa. Työturvallisuuskulmasta tarkasteltuna menttiin myös punaisella.

Koulutukset pitäisi pystyä vetämään läpi yhdessä jaksossa, jolloin oppiminen olisi tehokasta ja ihmiset pystyisivät sisäistämään asiat vaihteittain. Päivävuoroon siirtyminen koulutusjakson ajaksi olisi kaikista paras vaihtoehto. Jotta tämä olisi mahdollista, pitäisi resursseja lisätä riittävästi vuoroihin koulutusten ajaksi. Elektrolyysillä varauduttiin kahdella ylimääräisellä henkilöllä, mikä oli liian vähän. Minimissään kolme ihmistä olisi pitänyt lisätä turvaamaan täydet vakanssit, sekä sekoittaa vuorokoostumuksia koulutusten ajaksi jolloin osaaminen olisi varmistettu kaikissa vuoroissa.

7.4 Käyttöönotto

Järjestelmän käyttöönotto on viivästynyt alkuperäisiin suunnitelmiin nähden. Tällä hetkellä järjestelmä on vielä käyttöönottamatta elektrolyysiosastolla. Suunnitelma käyttöönotosta on laadittu. Sen mukaan huoltoseisakkeja täytyy elektrolyysillä tehdä säännöllisin väliajoin. Järjestelmän käyttöönoton yhteydessä on hyvä tilaisuus tehdä huoltotöitä, koska tuotantoprosessi seisautuu. Jos järjestelmän vaihto ei mene suunnitellusti tai kestää oletettua pitempään, voidaan

huoltotöiden tekemisellä minimoida tuotannollisia menetyksiä. Uuden järjestelmän käyttöönotossa on varauduttu tuplamiehitykseen ongelmien varalta sekä aamu että iltavuoro ovat töissä.

Käyttöönotto tehdään kaksivaiheisesti, järjestelmä vaihdetaan ensin ykkösliuospiirissä ja tämän jälkeen kakkosliuospiirissä. Prosessi ajetaan Proscon järjestelmällä alas ja ylös ajo tapahtuu uudella ABB- järjestelmällä. Järjestelmän vaihto tapahtuu kaksivaiheisesti, yksi liuospiiri kerrallaan, jolloin tuotanto ajetaan kuitenkin alas molemmissa liuospiireissä samanaikaisesti. Elektrolyysissä on erilliset liuos sekä virtapiirit, jotka mahdollistavat teoriassa ylläpitämään puolet tuotannosta ajossa. Tuotannollisesti ja taloudellisesti ajateltuna tämä olisi järkevää, sillä menetettyjä tunteja ei voi kiriä kiinni. Toisaalta tuotannon ylläpitäminen ja prosessin ajo tällaisessa poikkeuksellisessa tilanteessa on haastavaa ja yllättäviä ongelmia saattaa ilmaantua. Turvallisuusnäkökulma täytyy ottaa myös huomioon. Puhdistamolla tehdään samanaikaisesti huoltoseisaus, joka on pitkäkestoisempi kuin elektrolyysin järjestelmän vaihdosta johtuva. Elektrolyysi- ja puhdistamo-osastot ovat liuoskierron osalta kytköksissä toisiinsa ja paluuhapon otto sekä neutraalin pumppaus ovat pysähdyksissä ja näin ollen tuotantomenetyksiltä ei voida välttää.

Muutamaan asiaan täytyy ennakoon kiinnittää huomiota ennen kuin järjestelmän vaihtoon voidaan ryhtyä. Täytyy varmistaa, että neutraaliliuossäiliöt ovat täynnä liuosta ja kylmä sekä kuumasäiliöissä on riittävästi tilaa. Kaikki toissijainen toiminta elektrolyysillä täytyy keskeyttää, muun muassa anodinpesut ja allashuollot. Ohjausjärjestelmän ollessa alhaalla ei kyetä hallitsemaan pesuvesien tai sakkojen pumppauksia. Mikäli käyttöönotossa ilmenee yllättäviä ongelmia ja viivästyksiä, niin elektrolyyttialtaita täytyy mahdollisesti lapottaa tyhjäksi sinkin takaisinliukenemisen vuoksi. Tuotantomenetysten lisäksi takaisinliukenemisreaktio aiheuttaa vetykaasun muodostumista halli-ilmaan, joka aiheuttaa räjähdys/tulipalovaaran.

Tiettyjä moottoreita, pumppuja sekä venttiilejä täytyy järjestelmän vaihdon ajaksi pakottaa päälle turvaamaan kriittisten laitteiden sekä prosessivaiheiden toiminta. Näitä pakotuksia suoritetaan prosessin, sähkö/automaatio sekä lvi henkilöstön toimesta. Näitä kohteita ovat ensisijaisesti tasasuuntaajien jäähdytysvesikierron turvaaminen. Tämä toteutetaan pakottamalla käyntiin JVS1: sen (jäähdytysvesisäiliö) kiertopumppu sekä VJT 1-3 (vedenjäähdytystornit) puhaltimet. Jos suolattoman veden jakelussa ilmenee ongelmia, niin vaihtoehtona on vielä kääntää lämmönvaihtimien jäähdytys talousvedelle.

Kriittisten pumppujen käynti täytyy myös turvata, jotta pumpput pysyvät päällä, samoin tiivistysveden saanti sekä riittävyys täytyy turvata. Suolattoman veden säiliö huolehditaan täysin täyteen ja lisäksi varmistetaan veden riittävyys sulkemalla käsiventtiilit kohteisiin, joissa automaattiventtiilit saattavat aueta ja hukata vettä kytkentätyön aikana. Kipsisakeuttimien harojen moottorit sekä alitepumput pakotetaan päälle ja käännetään kierrolle, jotta vältetään ongelmilta. Paine- sekä instrumentti ilman saanti on myös erittäin kriittinen kohde. Ilman saannin turvaamisesta huolehtii lvi-puoli.

Käyttöönotto automaation näkökulmasta ei itsessään pitäisi olla monimutkainen operaatio. Kaikki on jo valmiiksi rakennettu ja kyseessä on yksinkertaistettuna kaapelin kytkentätyö. Elektrolyysin automaatio irrotetaan Prosconin ohjauksesta ja kytketään ABB 800xa- järjestelmän hallintaan. Parhaimmillaan tämä toimenpide kestää 1-2 tuntia, mutta täytyy varautua yllätyksiin, ja silloin arvioitu aika voi reilusti ylittyä mahdollisten vikojen yllättäessä.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössäni olen selvittänyt uuden prosessinohjausjärjestelmän käyttöönottoa elektrolyysi-osastolle. Työn lukija saa kattavan käsityksen siitä, mitä automaatiojärjestelmällä tarkoitetaan ja mitä eri työvaiheita tällainen järjestelmänvaihto pitää sisällään. Työstä ilmenee myös, että kyseessä ei ole pelkästään ohjelman vaihto, vaan lukuisia automaatiojärjestelmään kuuluvia tietoteknisiä laitteita uusitaan ja niiden toiminta on myös kuvattu.

Yksi tärkein opinnäytetyöni tuotos on kysely koskien järjestelmän käyttöönottoa ja operointikemuksia. Kysely löytyy opinnäytetyön liitteestä. Kyselyn vastausten perusteella tiedetään, mihin asioihin täytyy kiinnittää jatkossa enemmän huomiota ja mitä asioita täytyy tehdä toisin. Halutessaan tämän kyselyn voisi toteuttaa kaikilla osastoilla vaihtoprojektin päätteeksi. Kyselyn voi pitää sellaisen tai tarvittaessa lisätä kysymyksiä, jotka koetaan tärkeiksi. Tällä tavoin voidaan "benchmarkata" omaa onnistumistaan ja kehittää toimintaa paremmaksi seuraavaa järjestelmänvaihtoprojektia varten. Tavoitteenamme työssämme Bolidenillä on jatkuva toiminnan kehittäminen ja parantaminen.

Operaattoreilla oli kyselyn mukaan mahdollisuus esittää toiveita uudesta järjestelmästä. Tutuksessa heidän toiveensa oli otettu kohtuullisen hyvin huomioon. Osittain oltiin sitä mieltä, että uuden ohjelman harjoittelulle ei ollut varattu riittävästi aikaa, mutta lisäkoulutukselle ei kuitenkaan koettu olevan tarvetta. Ajan saatossa ohjelma on tullut tutuksi ja sen eri ominaisuuksia on opittu käyttämään. Uuden järjestelmän ulkoasuun oltiin pääsääntöisesti tyytyväisiä, arvostamat jakaantuivat hyvän ja tyydyttävän välille. Ainoastaan lukuarvojen selkeys sekä luettavuus sai moitteita. Yleisarvio ulkoasusta ja prosessinäkymästä oli hyvä. Käytettävyys ja operointi koettiin selkeästi paremmaksi vanhaan järjestelmään nähden. Pääosin arviot jakaantuivat hyvän ja tyydyttävän välillä. Vaikka järjestelmien erot koettiin suuriksi, niin käytettävyys ja operointi on koettu varsin onnistuneeksi. Kyselyssä oli, myös vapaa sana- osio, jossa monenlaisia huomioita nousi esille, sieltä ilmeni sekä kiitosta että kehitettävää.

LÄHTEET

ABB-teknologiat: Teollisuuden automaatiojärjestelmät.

Saatavissa: <http://www.abb.fi/cawp/seitp202/2f2e3eaf3c2abf5ec125784d00540e95.aspx>.

Viitattu 7.11.2017

ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. Pdf-dokumentti.

Saatavissa: http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/24_Prosessiautomaatio.pdf

Viitattu 26.1.2018

ABB 2013. System 800xA. System Guide, Functional Description. Pdf-dokumentti.

Saatavissa: [https://library.e.abb.com/public-
lic/898c17457d403304c1257b40002e8171/3BSE038018-
510_H_en_System_800xA_5.1_System_Guide_Functional_Description.pdf](https://library.e.abb.com/public/898c17457d403304c1257b40002e8171/3BSE038018-510_H_en_System_800xA_5.1_System_Guide_Functional_Description.pdf).

Viitattu 28.11.2017.

Boliden Kokkola Oy. Yhteiskuntavastuun raportti. 2015. Pdf-dokumentti.

Saatavissa: [https://www.subjectaid.fi/sto-
rage/ma/5d8afddf2037462cbc14d60ba243bf42/9cc55878b6c3477faf5e075e8617bf07/pdf/EC
CBB603A2B9352DB34A941A3081CDB1FC7B12D5/Boliden%20Kokkola%20Yhteiskunta-
vastuun%20raportti%202015.pdf](https://www.subjectaid.fi/storage/ma/5d8afddf2037462cbc14d60ba243bf42/9cc55878b6c3477faf5e075e8617bf07/pdf/EC_CBB603A2B9352DB34A941A3081CDB1FC7B12D5/Boliden%20Kokkola%20Yhteiskuntavastuun%20raportti%202015.pdf) Viitattu 20.1.2018.

Boliden Kokkola Oy 2010. Rikasteesta metalliksi sinkin tuotantoprosessit. Tuotannon kalvosarja.

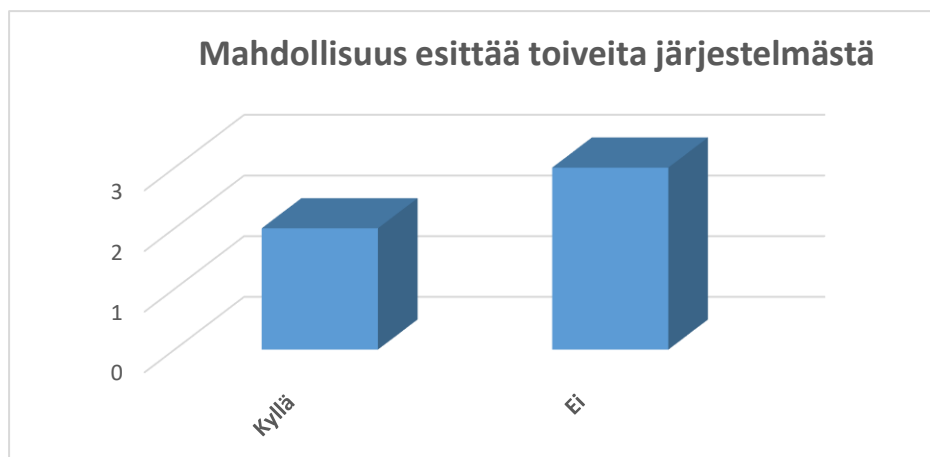
Boliden Kokkola Oy. 2015. Quality First – tietokanta.

Sinervo, J. Kokkolan Outokummun tehtaat 1960-1990. Kokkola. Oy

KYSELY 800Xa- JÄRJESTELMÄSTÄ PUHDISTAMON OPERAATTOREILLE

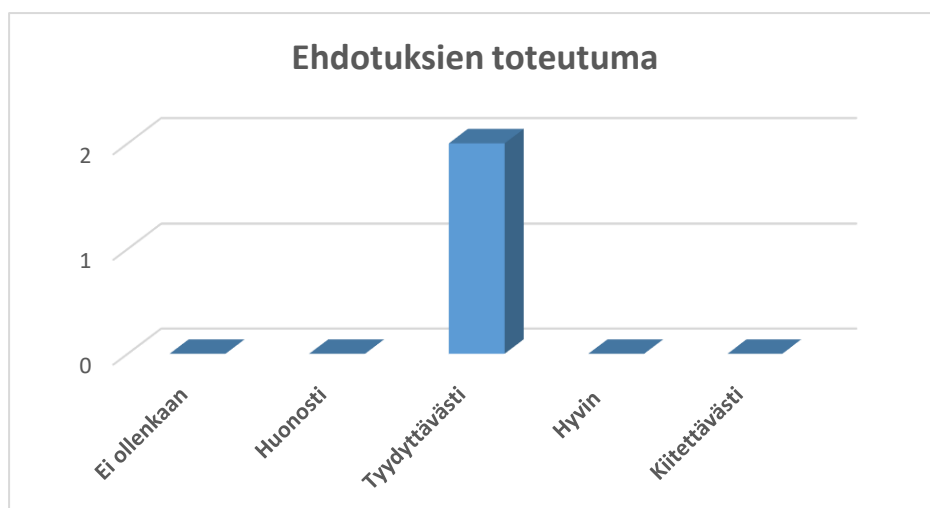
Opinnäytetyön empiirinen sekä tieteellinen osio toteutettiin käyttäjä kyselynä puhdistamon operaattoreille, koska heillä oli käyttökokemusta 800Xa-järjestelmästä jo lähes kahden vuoden ajalta. Kyselyssä oli 8 kysymystä ja niiden vastaukset olivat luokittelutyyppisiä. Kyselyyn vastasi viidesosa operaattoreista. Kyselyyn vastanneiden tulokset olivat seuraavanlaiset:

Kysymys 1. Oliko sinulla mahdollisuus esittää toiveita järjestelmästä?



Pylväsdiagrammista näemme, että kyselyyn vastanneiden mielipiteet tässä asiassa jakaantuivat melko tasaisesti. Diagrammista voimme tulkita myös sen, että enemmistö koki, ettei saanut mahdollisuutta esittää toiveita järjestelmästä

Kysymys 2. Ehdotuksien toteuma?



Tähän kysymykseen vastasivat ne henkilöt, jotka vastasivat edelliseen kysymykseen kyllä. Ei vastanneet siirtyivät suoraan kolmanteen kysymykseen. Kuten diagrammista selkeästi käy ilmi, niin kaikki kyllä vastanneet kokivat ehdotuksensa toteutuneen tyydyttävästi.

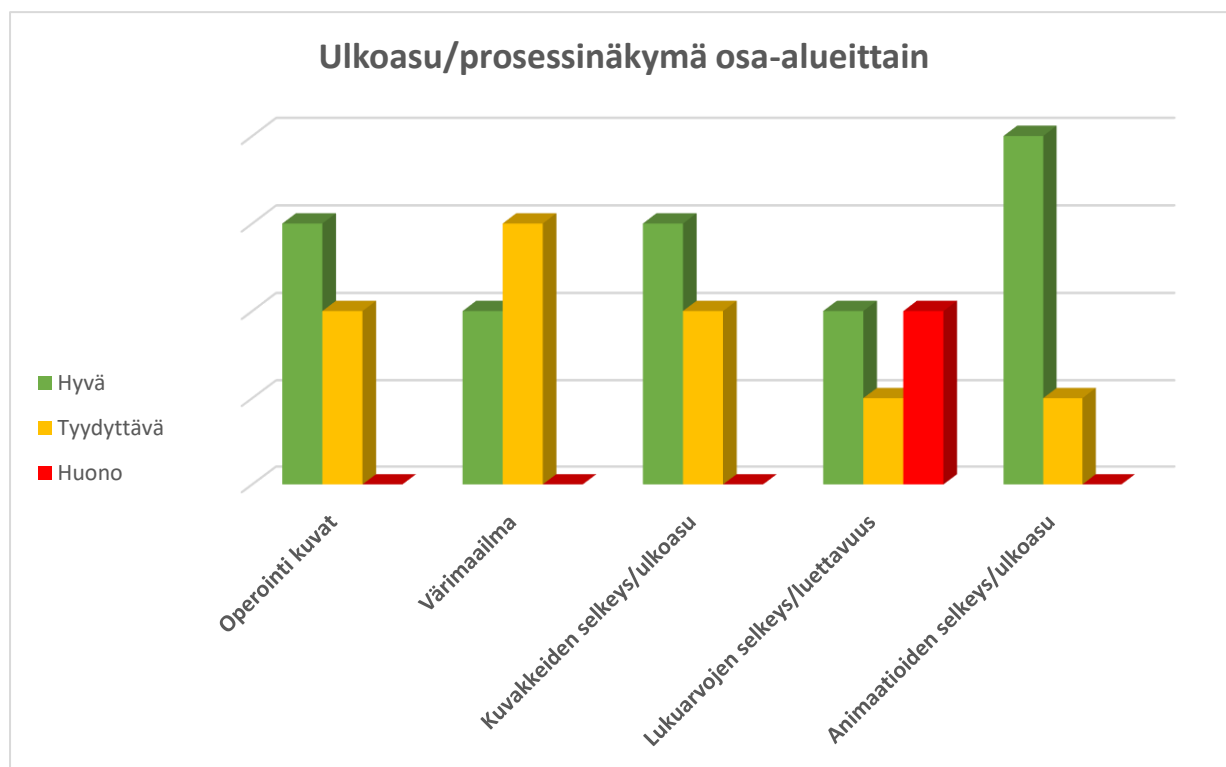
Kysymys 3. Saitko riittävästi aikaa harjoitella uutta järjestelmää?

Tuloksesta voimme nähdä mielipiteiden jakaantuneen "liian vähän" sekä "tyydyttävästi" vastauksien kesken. Huomioitavaa tai jopa huolestuttavaa on se, ettei yksikään vastanneista kokenut harjoittelulle varatun ajan olleen riittävä.

Tähän kannattaa mielestäni kiinnittää huomiota jatkossa, kun muilla osastoilla otetaan järjestelmä käyttöön.

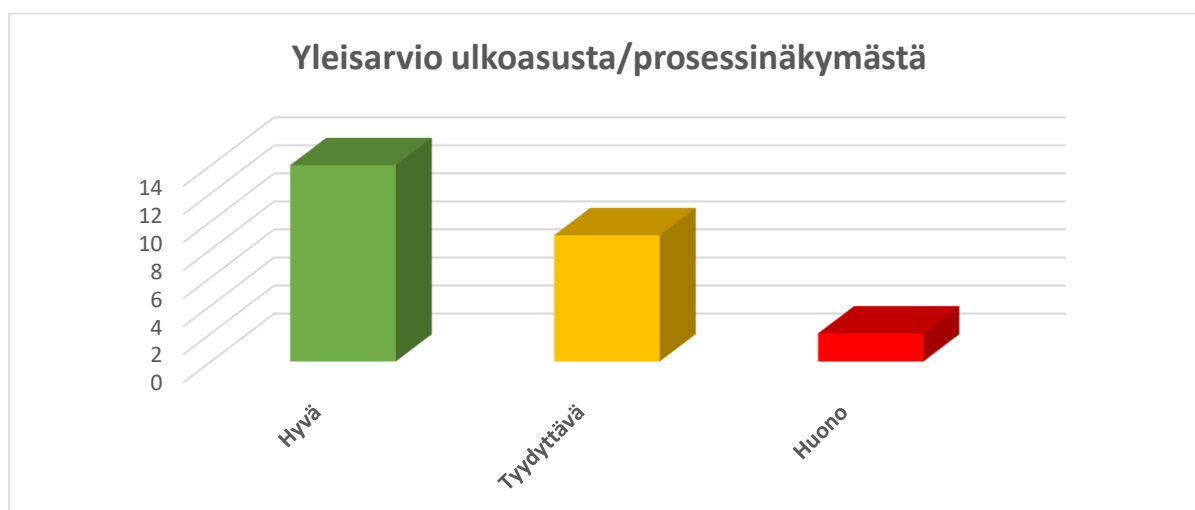
Kysymys 4. Nyt muutaman vuoden käytön jälkeen, koetko tarvitsevasi lisäkoulutusta ABB:n käyttöön?

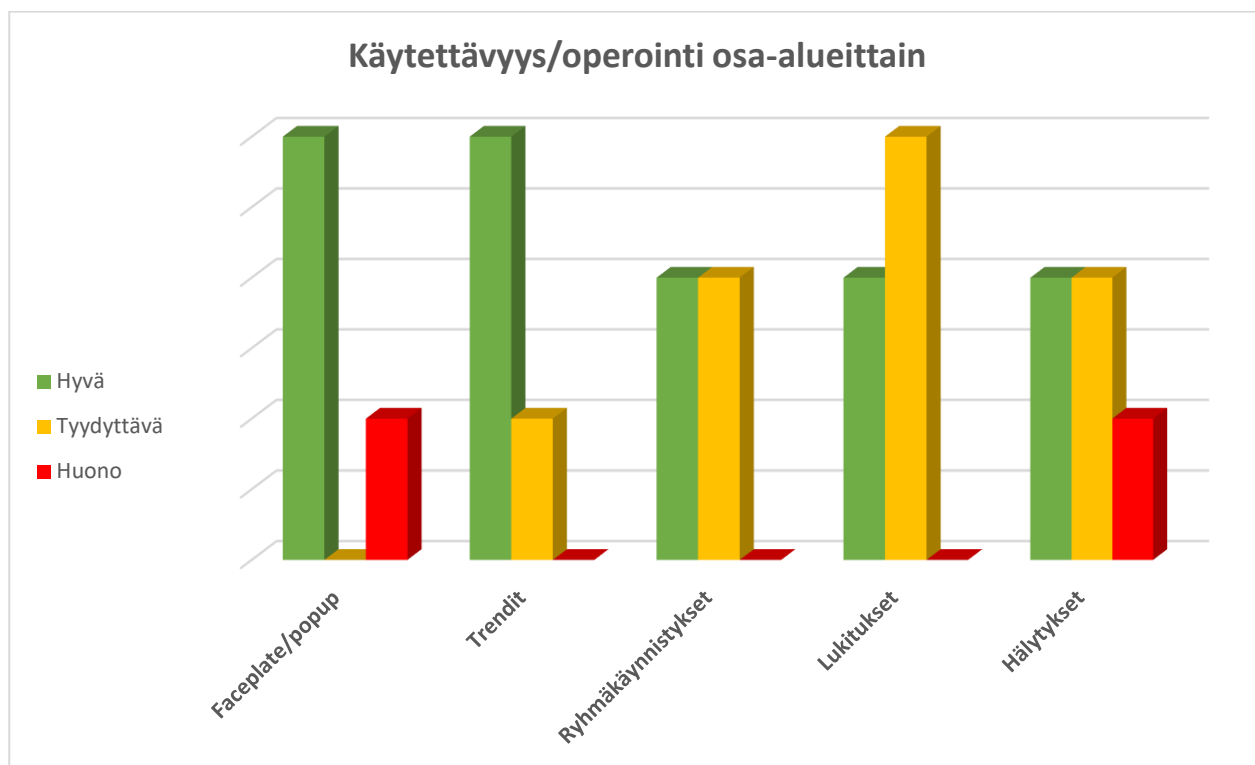
Vaikka alussa koettiin, että ei ollut riittävästi aikaa opetella uuden ohjelman käyttöä, niin nyt kun lähes kaksi vuotta on takana suurin osa kyselyyn vastanneista ei koetarvetta lisäkoulutukseen. Ei perusteisiin taikka syventävään koulutukseen.

Kysymys 5.Mielipiteesi prosessinohjausjärjestelmän ulkoasuun/prosessinäkymään

Kun tarkastelemme vastauksia ulkoasusta/prosessinäkymästä, arviot jakaantuvat lähes poikkeuksetta hyvän ja tyydyttävän välillä. Ainoastaan lukuarvojen selkeys/luettavuus kohdassa punainen pylväs, joka indikoi huonoa nostaa päätänsä. Tämä tulos täytyy ottaa huomioon ja varmistaa että elektrolyyysin ajokuvissa eritoten lukuarvojen selkeyteen kiinnitetään huomiota.

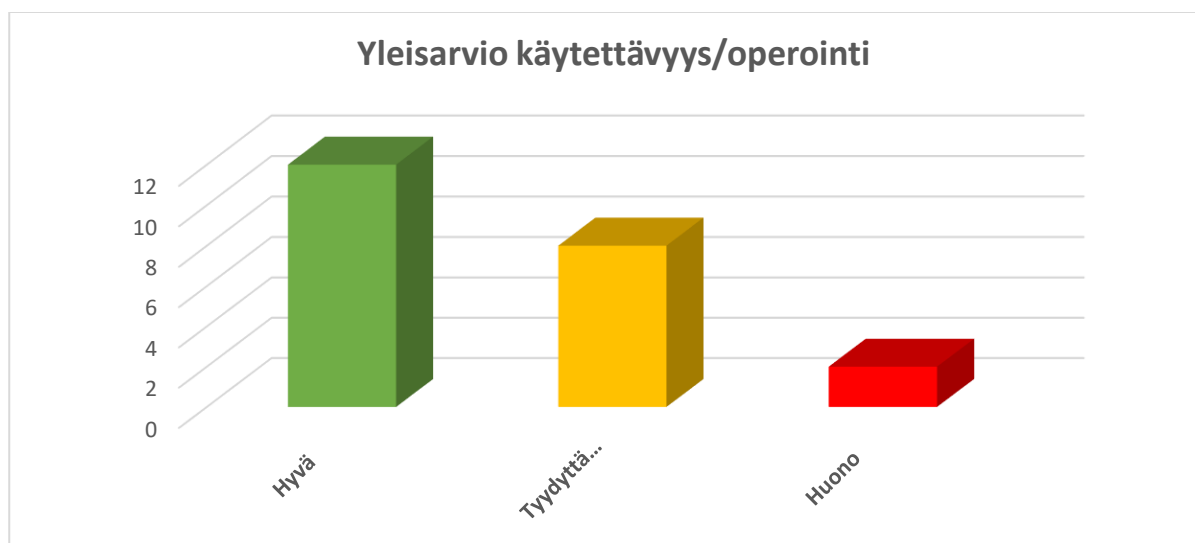
Vastausten perusteella tein myös yleisarvion ulkoasusta/prosessinäkymästä. Alla olevasta taulukosta näemme, että ulkoasua pidetään kaikin puolin onnistuneena. Suurin osa arvioista on luokiteltu hyviksi. Tyydyttäviä arvosanoja tuli toiseksi eniten ja ainoastaan vähän huonoa. Huomioitavaa on myös, että tämä huono arvio kohdistui ainoastaan yhteen osa-alueeseen.



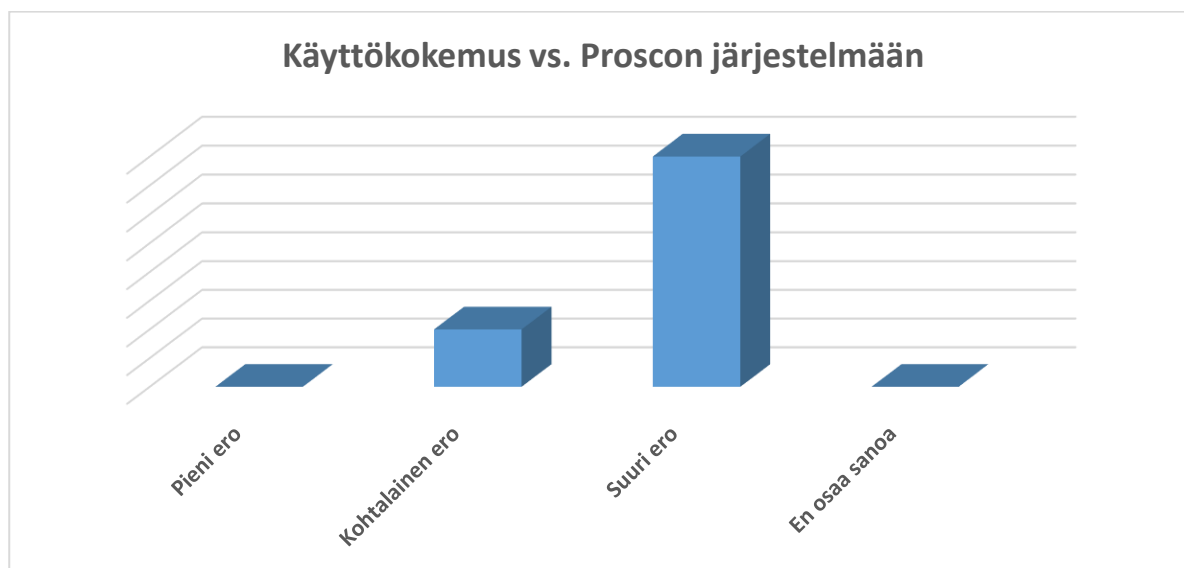
Kysymys 6. Mielipiteesi koskien prosessinohjausjärjestelmän käytettävyyttä/ohjausta

Kysyttäessä käytettävyyttä/operointia, niin tulokset ovat vahvasti positiiviset. Ainoastaan kaksi osa-aluetta ovat saaneet punaista (huonoa) arvosanaa. Nämä huonot osa-alueet eivät ole mielestäni ongelma. Voimme itse vaikuttaa faceplaten ominaisuuksiin esim. valitsemalla sopivia aspekteja sekä hälytykset ovat muokattavissa kohteen mukaan.

Myös näistä vastauksista halusin tehdä yleisarvosanan, joka kertoo yhdellä vilkaisulla kuinka toimivaksi käytettävyys/operointi koetaan. Ja kuten alla olevasta taulukosta näemme, se koetaan varsin onnistuneeksi



Kysymys 7. Käyttökokemus/operointi vertailtaessa Proscon järjestelmään?



Huomioitavaa tässä on se että, itse prosessi ja ajokuvat ovat rakennettu aika lailla samannäköisiksi. Suurin muutos kohdistuu ulkoasullisiin seikkoihin, kuten väritykseen, kuvakkeiden ja lukuarvojen pieniin eroavaisuuksiin. Järjestelmät on kuitenkin koettu hyvin erilaisiksi käyttää. Huomaamme yllä olevasta kuvaajasta, että kaikki vastanneet ovat kokeneet käyttökokemuksessa/operoinnissa olevan suuri taikka kohtalainen ero, kukaan ei ole vastannut sen olevan pieni.

Kysymys 8. Miten ABB järjestelmää voisi mielestäsi kehittää?

Tässä osiossa sana oli vapaa. Näistä asioista on ilmeisimmin ollut puhetta käyttäjien kesken, koska samoja huomioita nousi esille. Järjestelmästä löytyi sekä kiitosta että kehitettävää.

Kehitettävää löytyi esimerkiksi:

- Vihreä väri ei tahdo näkyä
- Toimintoja/lukituksia koettiin olevan liikaa, toivottiin että niitä priorisoidaan ja karsitaan.
- Järjestelmä on koettu toimivan välillä hitaasti.
- Sekvenssit toimivat joissakin paikoissa yllättävästi, esimerkiksi sekvenssi laittaa siilon pohjan ryhmätilaan, vaikka operaattori on tarkoituksella asettanut ohjauksen CEN-tilaan.
- Virheilmoitus järjestelmän kaatumisesta on koettu liian pieneksi ja huomaamattomaksi.

Myös kiitosta annettiin:

- + Trendit saivat kiitosta.
- + Historiatietoihin oltiin tyytyväisiä.
- + Automaatiopuolen tuki (Jani) sai kehuja.

Kysely koskien ABB:n prosessinohjausjärjestelmän käyttöönottoa

Tämä kysely on osa opinnäytetyötäni ja kyselyn tarkoituksena on saada tietoa ja käyttökoke-
muksia ABB800Xa prosessinohjausjärjestelmästä. Tavoitteena on, että kyselyn perusteella
voitaisiin kiinnittää huomiota asioihin, joilla oikeasti on merkitystä, kun elektrolyysillä ryhdytään
vastaavanlaiseen järjestelmän vaihtoon kuin puhdistamolla oli, Prosconista → ABB:hen

Kaikki mielipiteet ja havainnot ovat tärkeitä! Kyselyn luotettavuuden kannalta olisi toivottavaa,
että mahdollisimman moni ottaisi osaa kyselyyn.

**1. Oliko sinulla mahdollisuus esittää toiveita tai antaa mielipiteitä/ehdotuksia
siitä minkälainen järjestelmän mielestäsi pitäisi olla?**

Kyllä	
Ei	

**2. Jos vastasit edeltävään kysymykseen kyllä, toteutuivatko antamasi ehdotuk-
set mielestäsi kuinka hyvin? Muutoin siirry seuraavan kysymykseen.**

Ei ollenkaan	
Huonosti	
Tyydyttävästi	
Hyvin	
Kiitettävästi	

**3. Koetko että sait riittävästi aikaa harjoitella uutta järjestelmää ennen sen var-
sinaista käyttöönottoa?**

En ollenkaan	
Liian vähän	
Tyydyttävästi	
Hyvin	
Kiitettävästi	

4. Nyt muutaman vuoden käytön jälkeen, koetko tarvitsevasi lisäkoulutusta ABB:n käyttöön?

Kertausta perusteisiin/Basic:

Kyllä	
En	

Syventävää lisäkoulutusta/Extended:

Kyllä	
En	

Jos vastasit kyllä, kommentoi vielä minkä tyyppistä koulutusta haluaisit (aihepiiri/painotus)?

5. Mielipiteesi prosessinohjausjärjestelmän ulkoasuun/prosessinäkymään?

Kysymys	Hyvä	Tyydyttävä	Huono
Operointi kuvat/prosessinäkymät			
Värimaailma			
Kuvakkeiden selkeys/ulkoasu			
Lukuarvojen selkeys/luettavuus			
Animaatioiden selkeys/ulkoasu			

Kommentoi tähän, jos haluat nostaa esille jotakin erityistä koskien ulkoasua/prosessinäkymää:

6. Mielipiteesi koskien prosessinohjausjärjestelmän käytettävyyttä/ohjausta:

Kysymys	Hyvä	Tyydyttävä	Huono
Faceplate/pop-up			
Trendit			
Ryhmäkäynnistykset/sekvenssit			
Lukitukset			
Hälytykset			

Kommentoi tähän, jos haluat nostaa esille jotakin erityistä koskien käyttöä/ohjattavuutta:

7. Käyttökokemus/operointi vertailtaessa Proscon järjestelmään

Pieni ero	
Kohtalainen ero	
Suuri ero	
En osaa sanoa	

Kommentoi tähän, jos haluat kertoa käyttökokemuksistasi vertailtaessa Prosconiin:

- 8. Lopuksi kerro omin sanoin käyttökokemuksiasi uudesta ABB 800xA järjestelmästä. Kokemukset voivat olla hyviä tai huonoja. Jos sinulla ei tule mitään erityistä mieleen niin tässä muutama esimerkki johon voit vastata:**

Miten ABB:n järjestelmää voisi mielestäsi kehittää? Esim.

- a. Kaipaanko jotain uusia ryhmäkäynnistyksiä tai sekvenssejä?*
- b. Tarvitaanko jossain lisää lukituksia tai onko niitä jossain turhia?*
- c. Tuleeko operoitaessa vastaan ongelmia joihin ei löydy vastausta, mitä?*

Kiitos vastauksistasi!
Frej Wikström